

Docket No.: 50335-051

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of : Customer Number: 20277

Masae SASANO, et al. : Confirmation Number:

Serial No.: : Group Art Unit:

Filed: April 02, 2004 : Examiner: Unknown

For: METHOD OF CONFIGURING SIMULATION PROGRAM FOR COMPUTING AMOUNTS OF  
HEAT EXCHANGED AND STORAGE MEDIUM CONTAINING THE SIMULATION PROGRAM

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2003-100700, filed April 3, 2003**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

*Edward J. Wise by [Signature]*  
Edward J. Wise  
Registration No. 34,523 *Reg. No. 32029*

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 EJW:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: April 2, 2004**

50335-051  
SASANO, et al.  
April 2, 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

*McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 4 月 3 日

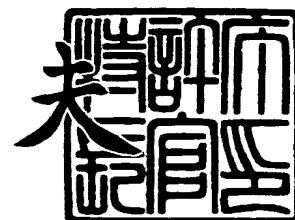
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 0 0 7 0 0  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 1 0 0 7 0 0 ]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社富士通ゼネラル

2 0 0 4 年 2 月 2 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 4 0 7 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 P15-27

【提出日】 平成15年 4月 3日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G06F 9/44  
G06F 19/00  
F25B 39/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 1 1 1 6 番地 株式会社富士  
通ゼネラル内

【氏名】 笹野 雅恵

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 1 1 1 6 番地 株式会社富士  
通ゼネラル内

【氏名】 楠本 伸廣

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 1 1 1 6 番地 株式会社富士  
通ゼネラル空調技術研究所内

【氏名】 稲垣 雄史

【特許出願人】

【識別番号】 000006611

【氏名又は名称】 株式会社富士通ゼネラル

【代理人】

【識別番号】 100076255

【弁理士】

【氏名又は名称】 古澤 俊明

【電話番号】 03-3262-3205

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 057462

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9811446

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱交換量を演算するためのシミュレーションプログラムの構成方法及びそのシミュレーションプログラムを記憶した記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置を構成する各部品で起こる現象を表現するモデルを互いに独立している範囲で分解して、その分解した範囲をそれぞれクラスとして定義し、この分解した範囲内で互いに類似する複数の部品があり、かつ、計算上それらを区別する必要がある場合には、それらの部品に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成することを特徴とする熱交換量を演算するためのシミュレーションプログラムの構成方法。

【請求項 2】

冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める冷凍サイクルにおいて起こる現象を表現するモデルが互いに独立している範囲として、圧縮機クラス、管クラス、熱交換器クラスを定義し、それぞれのクラス内で互いに類似する複数の部品がある場合には、それらの部品に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成することを特徴とする熱交換量を演算するためのシミュレーションプログラムの構成方法。

【請求項 3】

前記熱交換器クラスは、複数に分割したセルごとに設けたセルクラスを集約して構成し、各セルにおいて起こる現象を表現するモデルが互いに独立している範囲として管クラスとフィンクラスをセルクラスに集約させて構成し、管クラスと相互作用する動作流体として冷媒クラスを定義し、フィンクラスと相互作用する

動作流体として空気クラスを定義し、管クラスとフィンクラスのそれぞれで互いに類似する複数の部品がある場合には、それらの類似部品間に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成することを特徴とする請求項2記載の熱交換量を演算するためのシミュレーションプログラムの構成方法。

#### 【請求項4】

冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める熱交換器は複数の分割したセルごとに設けたセルクラスを集約して構成し、各セルにおいて起こる現象を表現するモデルが互いに独立している範囲として管クラスとフィンクラスをセルクラスに集約させて構成し、管クラスと相互作用する動作流体として冷媒クラスを定義し、フィンクラスと相互作用する動作流体として空気クラスを定義し、管クラスとフィンクラスのそれぞれで互いに類似する複数の部品がある場合には、それらの類似部品間に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成することを特徴とする熱交換量を演算するためのシミュレーションプログラムの構成方法。

#### 【請求項5】

コンピュータに請求項1乃至4の何れか1つに記載の機能を実現させるためのシミュレーションプログラムを記憶した記憶媒体。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、冷媒と空気との熱交換によって冷凍効果を求める装置の熱交換量をシミュレートするためのシミュレーションプログラムに関し、そのプログラムをオブジェクト指向言語によって構成する場合のクラスの定義方法に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

冷媒と空気との熱交換によって冷凍効果を求める装置として、例えば、冷凍サイクルや冷凍サイクルの一部としての熱交換器などが挙げられるが、これらの装置を設計するにあたり、シミュレーションプログラムを用いてその装置の熱交換量を予め予測することは従来より行われてきた。このような装置の熱交換量の予測を高精度で行うことが可能となれば、設計した装置の性能を予測することができ、また、必要とする性能に合わせて装置を設計することが可能となる。冷媒回路のシミュレーション方法として、例えば、特許文献1があり、熱交換器のシミュレーション方法として、例えば、特許文献2がある。

## 【0003】

## 【特許文献1】

特開平09-257319号公報

## 【特許文献2】

特開平07-281727号公報

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1に記載された冷媒回路のシミュレーション方法は、冷媒回路を構成する圧縮機、蒸発器、凝縮器、熱交換器などの接続関係を行列で表し、これらの構成要素のパラメータは型名ごとに予め登録しておくことで、ユーザーは型名を指定するだけでシミュレーションを行うことができるが、この特許文献1記載の冷媒回路のシミュレーション方法では、それぞれの構成要素を接続する管の一部を異なる部品に組み替えるといった変更に対応することができないものであった。また、熱交換器などの仕様を変更することを可能にしているが、これはパラメータの数値の変更を認めているのみで、新たなパラメータを採用することを認めているものではなく、これを行うにはメインプログラムにおいて新たな関数を定義して書き込む以外に方法が無かった。

特許文献2に記載された熱交換器のシミュレーション方法は、熱交換器を複数に分割してその分割した各部それぞれで伝熱量を求めて、その合計を熱交換器の

伝熱量とするものであるが、分割の方法については特に記載しておらず、新しい部品を採用する場合の拡張性についても記載されていない。

#### 【0005】

従来の冷凍サイクルや熱交換器のシミュレータにおいては、プログラム実行時にユーザーが指定できるパラメータは各部品の大まかなサイズ、例えば、熱交換器の面積や幅などの巨視的な値だけで、冷媒の流れる経路（以下、パスと呼ぶ）のレイアウトや形状の異なる管が部分的に使われているかなどの内部構造に関するものはプログラムに予め組み込まれていた。実際に熱交換器の設計を行う際には、部分的にフィンや管を使い分けるといった内部構造の組み替えが行われることがあり、詳細構造がプログラム中で固定されている従来のシミュレータは、設計支援ツールとして使用するには不便なものであった。

#### 【0006】

また、従来の冷凍サイクルや熱交換器のシミュレーションプログラムにおいては、空気と冷媒間の熱授受の現象を表現するため全体を1つのプロセスとして扱い、1つの関数内で計算を行うことで求めていた。一般的には熱交換器を構成するフィンや管などの形状特性（管の溝の有無やフィンのタイプ）によって熱伝達や摩擦等の物理現象を表現する式が異なるため、形状とその組合せが変わるごとにシミュレーションプログラムを作成しなおす必要がある。この方法だと新しい形状の管やフィンなどのモデルを導入するたびにフラグや関数の追加などコアプログラム全体を修正しなければならない、シミュレーション対象となる熱交換器の構成要素の差し替えに柔軟に対応できない。同様に、熱伝達係数の新しい表現モデルを導入する場合に対しても柔軟に対応することができない。

#### 【0007】

さらに、従来の冷凍サイクルや熱交換器のシミュレーションプログラムでは、ある物理量を計算する関数の引数として、その関数内で使われる変数リストを羅列している。この方法では、部品の型毎に対応する関数インターフェイスをコーディング段階で予め知り、使われる可能性のある全ての型に対応する関数インターフェイスをメインプログラムに記述しておかなければならない。そのため新しい部品が追加された場合の拡張性に乏しい。既存の計算モデル修正に伴う引数リ



ストの更新という面でも同様である。さらに、従来のプログラムでは該当する式を選択するためのフラグを使用して条件分岐するアルゴリズムがとられているが、実際の熱交換器では冷媒の入口から出口までが全て同一種の管で結ばれているとは限らず、直管、継ぎ手、曲がり、分岐、合流などの組合せからなるため、フラグを使うアルゴリズムではプログラムが複雑になるという問題があった。

#### 【0008】

本発明は、上記問題点に鑑みなされたもので、実際に熱交換器の設計を行うように部分的にフィンや管を使い分けるといった内部構造の組み替えが容易に行え、また、新しい部品が追加された場合の拡張性に富んだ冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置のシミュレーション方法を提供することを目的とするものである。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置を構成する各部品で起こる現象を表現するモデルを互いに独立している範囲で分解して、その分解した範囲をそれぞれクラスとして定義し、この分解した範囲内で互いに類似する複数の部品があり、かつ、計算上それらを区別する必要がある場合には、それらの部品に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成することを特徴とする熱交換量を演算するためのシミュレーションプログラムの構成方法である。

#### 【0010】

このような構成とすることで、実際に熱交換器の設計を行うように部分的にフィンや管を使い分けるといった内部構造の組み替えが容易に行え、また、新しい部品が追加された場合の拡張性に富んだ冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置のシミュレーションプログラムを提供することができる。

#### 【0011】

**【発明の実施の形態】**

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

本発明の冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置のシミュレーション方法は、シミュレーションプログラムを用いて実行し、このプログラムのコードを記述するためにオブジェクト指向言語を用い、シミュレータが独立な要素オブジェクトの組合せとなるように部品クラスと動作流体クラスを表現する。このクラスの定義方法として図1に示すフローチャートがあり、本発明はこのクラス定義の方法を1つの特徴とするものである。

**【0012】**

ここで、図1のフローチャートについて説明する。まず、冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置のシミュレーションを行うためのプログラムを作成する場合には、その装置において起こる現象を観察し抽出する(F01)。これと同時に、その現象に関与する物質、物体を抽出し(F02)、その現象の起こる場所を抽出する(F03)。ここで抽出した物質、物体を動作流体クラスとして定義し(F04)、その現象の起こる場所を部品クラスとして定義する(F05)。上記のようにして定義したクラスについて、そのクラスが設計時又はモデル計算時において扱う最小単位となっているかを判断する必要がある(F06)。ここでの最小単位というのは、各構成部品で起こる現象を表現するモデルが互いに影響しない独立したものであることをいい、プログラムコードの書換えが他に影響することのない範囲まで分解した単位のことである。定義したクラスが最小単位となっていない場合には、さらに細かい部品クラスに分解するため(F07)、スタートに戻って再びクラス定義を行い、定義したクラスが最小単位となっている場合には(F08)に進む。

**【0013】**

最小単位と判断された部品クラスについて、設計上置き換え可能な類似部品があり、計算上それらを区別する必要があるか否かについて判断する(F08)。ここで、設計上置き換え可能な類似部品がない、又は、設計上置き換え可能な類似部品があるが計算上それらを区別する必要があると判断された場合には、(F11)へ進む。設計上置き換え可能な類似部品があり、かつ、計算上それらを区

別する必要があると判断された場合には、それらの類似部品間の共通の特徴をまとめて抽象クラスを宣言する (F 0 9)。この抽象クラスの下に必要な部品の種類だけサブクラスを定義して (F 1 0)、このサブクラスについても、再度、設計上置き換え可能な類似部品があり、計算上それらを区別する必要があるか否かについて判断し (F 0 8)、該当する場合は (F 0 9) → (F 1 0) → (F 0 8) のループを繰り返し、該当しない場合には、(F 1 1) に進む。このようにして確定したクラスに対して、その部分の材質や関与する動作流体に合わせて実際に起こる現象モデルの実装関数を書き込む (F 1 1)。

#### 【0014】

このような図 1 のフローチャートを用いて、動作流体クラス、部品クラスを定義し、このクラス定義に基づいてオブジェクト指向言語でシミュレーションプログラムを作成することにより、拡張性に富んだシミュレータを構成することができる。より具体的な例として、このフローチャートを用いて冷凍サイクルのシミュレーションプログラムを作成する場合について説明する。

#### 【0015】

実施例 1；

冷凍サイクルとは、圧縮機、管、熱交換器、断熱材などで構成された冷凍効果を得る装置であり、これらの部品全体としての空気と冷媒の熱交換量をシミュレートするためのプログラムを本発明のシミュレーション方法を適用して作成する場合について図 2 を用いて説明する。まず、冷凍サイクル (A 0 1) は、冷凍サイクル構成部品クラス (A 0 2) を集約して構成する。この冷凍サイクル構成部品クラス (A 0 2) と相互作用する動作流体クラスとして、空気クラス (A 0 3) と冷媒クラス (A 0 4) を定義する。また、構成部品を断熱材で覆う場合も考慮して、冷凍サイクル構成部品クラス (A 0 2) は、断熱材クラス (A 0 5) を集約して構成する。これらは、図 1 のフローチャートの (F 0 1) ~ (F 0 5) までの流れで定義されるクラスである。

#### 【0016】

ここで、冷凍サイクル構成部品クラス (A 0 2) が設計時又はモデル計算時において扱う最小単位となっているかを判断すると (F 0 6)、冷凍サイクル構成

部品には、圧縮機、管、熱交換器があり、これらを1つのまとまりとして扱うのはシミュレータの精度が低くなってしまうと判断する場合には、冷凍サイクル構成部品クラス（A02）の継承クラスとして、圧縮機クラス（A06）、管クラス（A07）、熱交換器クラス（A08）を定義する。

#### 【0017】

上記圧縮機クラス（A06）、管クラス（A07）、熱交換器クラス（A08）の3つのクラスについて、それぞれ図1のフローチャート（F08）において設計上置き換え可能な類似部品があるか否か、あるとすれば、計算上それらを区別する必要があるか否かについて判断する必要がある。例えば、圧縮機クラス（A06）とだけ定義してシミュレーションを行うと、圧縮機の種類の違いなどが反映されないため、圧縮機の種類の違いを反映させるには、図1のフローチャート（F09）で圧縮機クラス（A06）を抽象クラスとして宣言し、（F10）において圧縮機クラス（A06）の性質を継承したサブクラスを圧縮機の種類ごとに定義すればよい。圧縮機の種類としては、レシプロ式、スクロール式、ロータリー式などがあり、これらをレシプロ式クラス（A09）、スクロール式クラス（A10）、ロータリー式クラス（A11）として定義することにより、圧縮機の種類を選択してシミュレーションを行うことができる。同様に、管クラス（A07）とだけ定義してシミュレーションを行うと、管の種類の違いが反映されないため、管の種類の違いを反映させるには、図1のフローチャート（F09）で管クラス（A07）を抽象クラスとして宣言し、（F10）において管クラス（A07）の性質を継承したサブクラスを管の種類ごとに定義すればよい。管の種類としては、直管、曲がり管などがあり、これらを直管クラス（A12）、曲がり管クラス（A13）として定義することにより、管の種類が部分的に異なる場合でも、その部分ごとにそれぞれ最適なクラスを選択してシミュレーションを行うことにより、シミュレーションの精度が向上する。

#### 【0018】

このようにして定義されたクラスごとに、そのクラスにおいて起こる現象モデルを実装する（F11）。例えば、圧縮機クラス（A06）には、出口冷媒状態を計算する関数と、流体を圧縮する場合の放熱量を計算する関数が実装される。

他のクラスにおいても、それぞれのクラスにおいて生じる現象に基づいた関数が実装されることになる。

#### 【0019】

このように、冷凍サイクルをその構成部品のまとまりと考え、それぞれの部品ごとにクラスを定義して部品内の熱交換量をシミュレートし、個々の部品の熱交換量を積算することによって冷凍サイクル全体の熱交換量をシミュレートすることができる。また、本発明ではオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成しているため、あるクラスの下にそのクラスの性質を継承した部品クラスを新たに定義することが簡単に行え、それによって、より細かい設定でシミュレーションを行える。つまり、ユーザーのニーズに合わせてそのシミュレーションの精度を設定できるため、非常に拡張性の高いシミュレーションプログラムであるといえる。

#### 【0020】

上記実施例では、冷凍サイクル全体のシミュレーションプログラムの構成方法について説明したが、その構成要素の一つである熱交換器部分については、詳しい内容は反映されない状態になっていた。しかし、本発明はこれに限られるものではなく、熱交換器部分についてより詳細な設定を行って、熱交換器部分における熱交換量を正確にシミュレートできるようにプログラムを構成してもよい。そこで、以下、図1のフローチャートに基づいて部品クラスを定義して熱交換器のシミュレーションプログラムを構成する場合について説明する。

#### 【0021】

実施例2；

図3を用いて熱交換器のシミュレーションプログラムの構成方法について説明する。前記実施例1においては、冷凍サイクルを構成する部品ごとに分割して熱交換量を考えたが、熱交換器の場合には、熱交換器をセルと呼ばれる細かい部分に分割し、各セルの熱交換量を計算し、最終的に全てのセルの熱交換量を積算することにより、熱交換器全体の熱交換量を求める。分割するセルのサイズは、その中で起こる動作流体の状態変化を一種類の式だけで表現しても問題ない程度の小ささに設定する。

このセルに分割する方法をクラス定義に反映するため、図3に示すように、熱交換器(A08)は、セルクラス(B01)を集約して構成する。また、熱交換器(A08)には、セルの幾何学的配置情報、パス数、全体の管とフィンの幾何学的配置情報などが書き込まれている。

#### 【0022】

熱交換器は管とフィンを組み合わせた構造をしているものであり、これはセルという細かい単位に分割したとしても同様であるため、図3に示すように、セルクラス(B01)は、管クラス(A07)とフィークラス(B02)を集約して構成する。細かく分割したセルという単位における管は、空気との相互作用は無視して冷媒との相互作用のみを考慮に入ればよく、同様に、細かく分割したセルという単位におけるフィンは、冷媒との相互作用は無視して空気との相互作用のみを考慮に入ればよくなる。よって、管クラス(A07)は、冷媒クラス(A04)との相互作用を考慮し、フィークラス(B02)は、空気クラス(A03)との相互作用を考慮する。

また、管クラス(A07)においては、熱伝達係数の計算時には熱流束の影響を考慮する場合があるため、熱流束クラス(B03)を定義して、管クラス(A07)と熱流束クラス(B03)の相互作用を考慮に入れる。

ここで、管クラス(A07)は、図2に示す冷凍サイクルのシミュレーションをプログラム中における管クラスと同一符号を付しているが、これは、冷凍サイクルのシミュレーションをプログラム中において管クラスを一度定義してしまえば、熱交換器のシミュレーションプログラム中において同一の管クラスを呼び出して使用することが可能であることを示している。図2と図3で同一符号を付しである他のクラスについても、管クラスと同様である。

#### 【0023】

管クラス(A07)は、図2に示す冷凍サイクルの場合と同様に、管クラス(A07)とだけ定義してシミュレーションを行うと、管の種類の違いが反映されないため、管クラス(A07)を抽象クラスとして宣言し、この管クラス(A07)の性質を継承したサブクラスとしての直管クラス(A12)、曲がり管クラス(A13)を定義することにより、管の種類が部分的に異なる場合でも、その

部分ごとにそれぞれ最適なクラスを選択してシミュレーションを行うことができる。また、直管の中にも平滑管と溝付管があり、計算上それらを区別する必要がある場合には、さらに直管クラス (A 1 2) を抽象クラスとして宣言し、この直管クラス (A 1 2) の性質を継承したサブクラスとしての平滑管クラス (B 0 6)、溝付管クラス (B 0 7) を定義することにより、シミュレーション結果に直管の種類の違いを反映させることができる。

#### 【0024】

フィンクラス (B 0 2) は、フィンクラス (B 0 2) とだけ定義してシミュレーションを行うと、フィンの種類の違いが反映されないため、フィンクラス (B 0 2) を抽象クラスとして宣言し、このフィンクラス (B 0 2) の性質を継承したサブクラスとしてのプレートフィンクラス (B 0 4)、ルーバーフィンクラス (B 0 5) を定義することにより、フィンの種類が部分的に異なる場合でも、それぞれ最適なクラスを選択してシミュレーションを行うことができる。

#### 【0025】

このようにして定義されたクラスごとに、そのクラスにおいて起こる現象モデルを実装する。例えば、プレートフィンクラス (B 0 4) には、表面と空気の熱伝達係数を計算する関数と、表面と空気の摩擦係数を計算する関数と、フィン内の熱伝導を計算する関数とが実装される。他のクラスにおいても、それぞれのクラスにおいて生じる現象に基づいた関数が実装されることになる。

#### 【0026】

このように、熱交換器を細かく分割したセルのまとまりと考え、それぞれのセルは管とフィンの組み合わせからなるものとして、各セルで管は冷媒とフィンは空気との相互作用を考慮して熱交換量を計算し、個々のセルの熱交換量を積算することによって熱交換器全体の熱交換量をシミュレートすることができる。また、本発明ではオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成しているため、あるクラスの下にそのクラスの性質を継承した部品クラスを新たに定義することが簡単に行え、それによって、より細かい設定でシミュレーションを行える。つまり、ユーザーのニーズに合わせてそのシミュレーションの精度又は演算式等を自由に設定できるため、非常に拡張性の高いシミュレーションプ

ログラムであるといえる。

【0027】

その具体例として、冷媒が平滑管内を流れるときの摩擦係数計算式は、

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.0 \log(\text{Re} \sqrt{f}) - 0.8 \quad \dots (1)$$

但し、 $\text{Re}$ はレイノルズ数

であるのに対して、冷媒がらせん溝付管内を流れるときの摩擦係数計算式は、

$$f = 0.046 \cdot \text{Re}^{-0.20} \frac{D_o}{D_i} \sqrt{\frac{A_h}{A_m}} (\sec \beta)^{0.75} \quad \dots (2)$$

但し、 $D_o, D_i, A_h, A_m, \beta$ は管の構造パラメータ

となり、管の種類によって摩擦係数計算式が異なるのが分かる。従来のプログラムの構成方法では、メインプログラム内にこれらの関数に異なる名前を付けなければならなかったが、本発明のようにオブジェクト指向言語を用いてプログラムを構成すると、クラスごとに同じ  $f$  という関数名で摩擦係数計算式を定義しておき、メインプログラム側では、「 $f$  の計算」という指示を出すだけでそれぞれのセルで選択されたクラスの関数  $f$  を計算することが可能になるため、計算式の変更等にも柔軟に対応できる。

また、同じらせん溝付管でも、以下の式のように、

$$f = 8.633 \cdot e \cdot p^{-0.5} \left( \frac{\text{Re}}{5000} \right)^{-0.2} \quad \dots (3)$$

但し、 $\text{Re}$ はレイノルズ数、 $e, p$ は管の構造パラメータ

摩擦係数計算式の定義が異なる場合があるが、このような場合であっても、オブジェクト指向言語を用いてプログラムを構成しているので、式(3)を演算するための新たなクラスを定義するだけで対応することができる。このように、クラスという概念を用いることにより、メインプログラムを書き換えることなく変更等が行えるため、非常に拡張性の高いプログラムを構成することができる。

なお、上記(1)～(3)式の出典は以下の通りである。

(1) 平滑管の式の出典

Prandtl-Karman formula、日本機械学会編、機械工学便覧 A5p.75



(2) らせん溝付管のCarnavosの式の出典

Carnavos, T.C., Heat transfer performance of internally finned tubes in turbulent flow, Heat Transfer Engineering, 1(4), pp32-37, 1980

(3) らせん溝付管の日本機械学会基準の式の出典

JSME S011, 熱交換器の熱的設計法, p35, 1996

【0028】

前記実施例2において説明した熱交換器のシミュレーションプログラムでは、熱交換器を細かく分割したセルのまとまりと考え、それぞれのセルは管とフィンの組み合わせからなるものとして、各セルで動作流体との相互作用を考慮して熱交換量を計算し、個々のセルの熱交換量を積算することによって熱交換器全体の熱交換量をシミュレートするようにした。この本発明においてセルを管とフィンからなるものと考えてシミュレートすることによって、管では冷媒及び熱流束との関係のみから熱交換量を計算することができ、フィンでは空気との関係のみから熱交換量を計算することができるため、再利用性の高いプログラムの作成が可能になった。また、管とフィンのそれぞれで親の性質を継承した子クラスを定義していくことにより、より細かい部品の違いなどもメインプログラムを書き換えることなく設定することができる。

【0029】

前記実施例2においては、セルごとにフィンや管の特性を設定できるようなプログラム構成となっているため、実機の構成を忠実に再現できるため、設計ツールとしての利便性の高いシミュレーションプログラムとなっている。

また、熱交換器モデルをフィンや管といった実部品概念の組合せで表現し、熱伝達や摩擦などの現象をそれぞれの現象が起こるフィールド（部品）内で閉じるように記述することにより、空気側、冷媒側の熱伝達現象の表現方法が変わったとしても互いに影響の出ないプログラム構成にすることができる。

【0030】

フィンや管を抽象的な部品クラスとし、これらの派生としてルーバーフィン、プレートフィン、平滑管、溝付管などのクラスを定義し、さらにこれらの派生クラスでのシミュレーション時に必要なパラメータセットをまとめて冷媒状態、空

気状態、熱流束状態などのクラスと定義することで、熱交換器モデル内で必要とする空気側熱伝達率、冷媒側熱伝達率計算のための関数インターフェイスを共通化できる。関数インターフェイスが共通化されていれば、熱交換器クラスでそれを構成する管の内面形状が違っていても同一のコード記述で必要な関数を呼び出すことができる。従来方式のようにフラグを用意する必要もない。新種の部品を投入する場合でも部品クラスを新規定義する他は引数に使われるクラスを拡張するだけでよく、熱交換器のシミュレーション関数には影響しない。

### 【0031】

#### 【発明の効果】

請求項1記載の発明によれば、冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置を構成する各部品で起こる現象を表現するモデルを互いに独立している範囲で分解して、その分解した範囲をそれぞれクラスとして定義し、この分解した範囲内で互いに類似する複数の部品があり、かつ、計算上それらを区別する必要がある場合には、それらの部品に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成するようにしたので、実際に装置の設計を行うように部分的に部品使い分けるといった内部構造の組み替えが容易に行え、また、新しい部品が追加された場合の拡張性に富んだ冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置のシミュレーションプログラムを提供することができる。

### 【0032】

請求項2記載の発明によれば、冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める冷凍サイクルにおいて起こる現象を表現するモデルが互いに独立している範囲として、圧縮機クラス、管クラス、熱交換器クラスを定義し、それぞれのクラス内で互いに類似する複数の部品がある場合には、それらの部品に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いて

シミュレーションプログラムを構成するようにしたので、実際に冷凍サイクルの設計を行うように部分的に管等の部品を使い分けるといった内部構造の組み替えが容易に行え、また、新しい部品が追加された場合の拡張性に富んだ冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める冷凍サイクルのシミュレーション方法を提供することができる。

### 【0033】

請求項3記載の発明によれば、前記熱交換器クラスは、複数に分割したセルごとに設けたセルクラスを集約して構成し、各セルにおいて起こる現象を表現するモデルが互いに独立している範囲として管クラスとフィンクラスをセルクラスに集約させて構成し、管クラスと相互作用する動作流体として冷媒クラスを定義し、フィンクラスと相互作用する動作流体として空気クラスを定義し、管クラスとフィンクラスのそれぞれで互いに類似する複数の部品がある場合には、それらの類似部品間に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成するようにしたので、冷凍サイクルの一部である熱交換器について、実際に熱交換器の設計を行うように部分的にフィンや管を使い分けるといった内部構造の組み替えが容易に行え、また、新しい部品が追加された場合の拡張性に富んだ熱交換器のシミュレーションプログラムが構成でき、結果として冷凍サイクルのシミュレーション精度の向上につながる。

### 【0034】

請求項4記載の発明によれば、冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める熱交換器は複数に分割したセルごとに設けたセルクラスを集約して構成し、各セルにおいて起こる現象を表現するモデルが互いに独立している範囲として管クラスとフィンクラスをセルクラスに集約させて構成し、管クラスと相互作用する動作流体として冷媒クラスを定義し、フィンクラスと相互作用する動作流体として空気クラスを定義し、管クラスとフィンクラスのそれぞれで互いに類似する複数の部品がある場合には、それらの類似部品間に共通する特徴を抽出して抽象クラス

を定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成するようにしたので、実際に熱交換器の設計を行うように部分的にフィンや管を使い分けるといった内部構造の組み替えが容易に行え、また、新しい部品が追加された場合の拡張性に富んだ熱交換器のシミュレーションプログラムが構成できる。

### 【0035】

請求項5記載の発明によれば、コンピュータに請求項1乃至4の何れか1つに記載の機能を実現させるためのシミュレーションプログラムを記憶した記憶媒体としたので、冷凍サイクル、熱交換器などを開発するための設計支援ツールとして、このシミュレーションプログラムを用いることができる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明においてクラス定義から現象モデルの実装までの流れを示したフローチャート図である。

#### 【図2】

本発明による冷凍サイクルシミュレータの構成クラス図である。

#### 【図3】

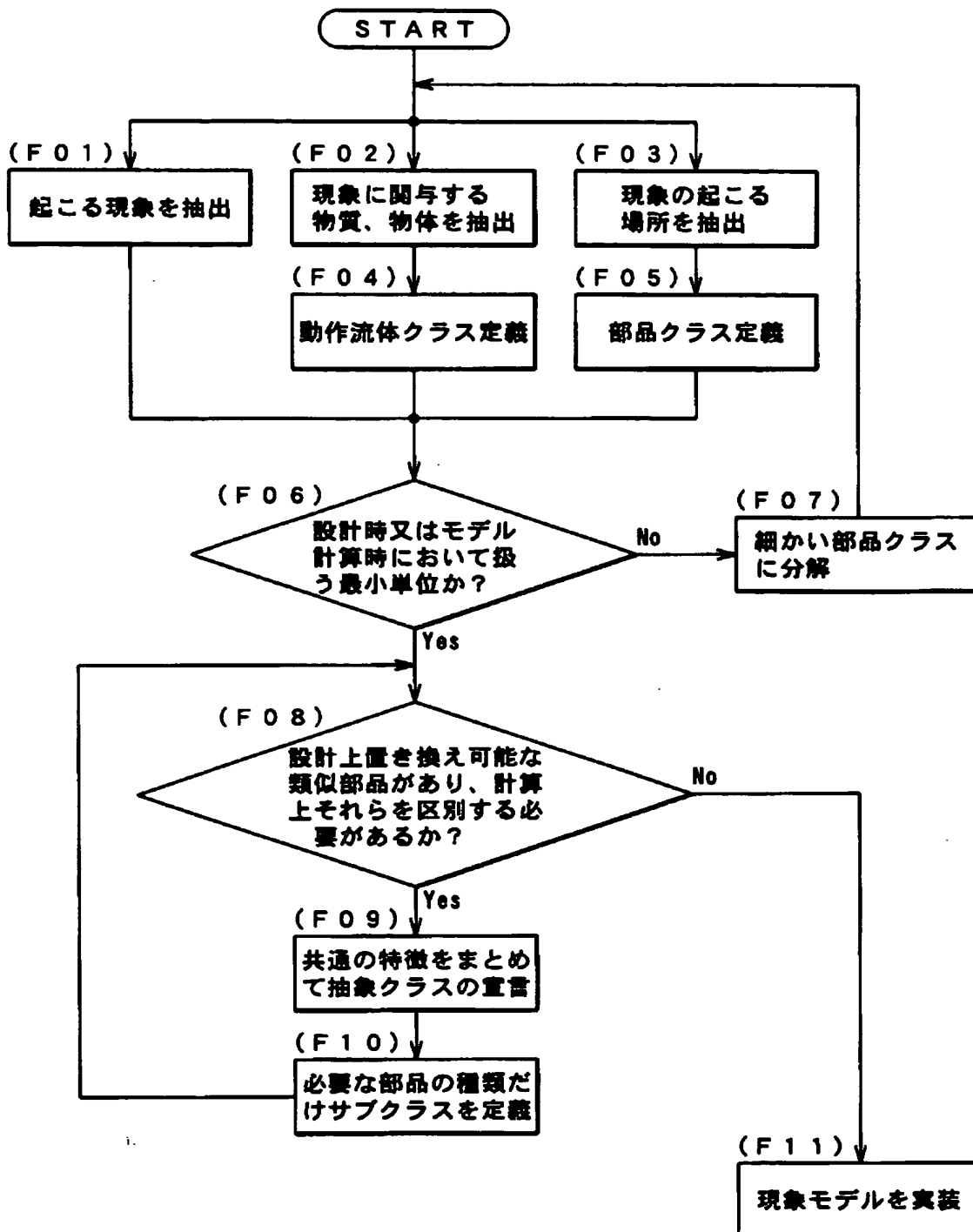
本発明による熱交換器シミュレータの構成クラス図である。

### 【符号の説明】

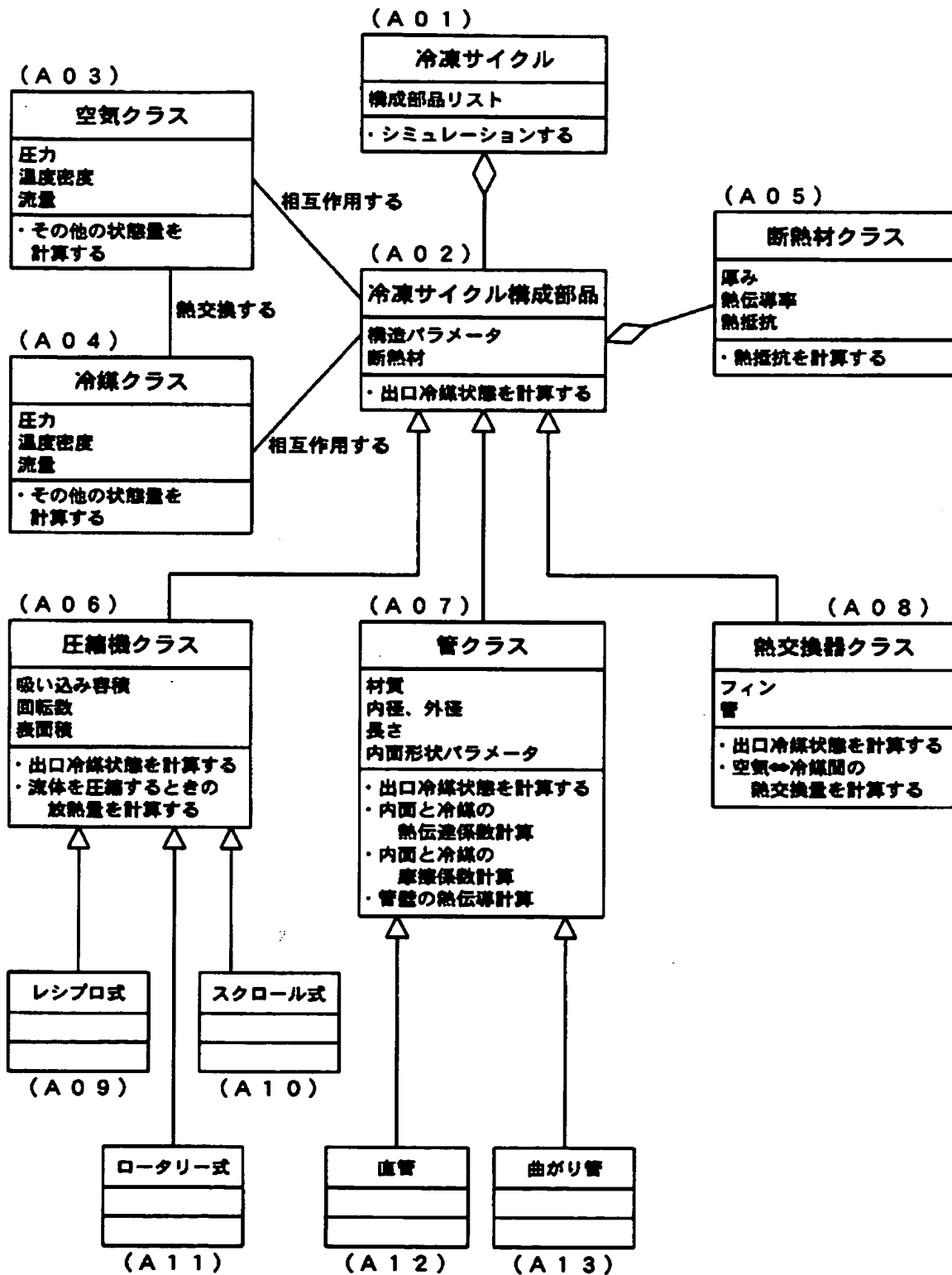
A01…冷凍サイクル、A02…冷凍サイクル構成部品クラス、A03…空気クラス、A04…冷媒クラス、A05…断熱材クラス、A06…圧縮機クラス、A07…管クラス、A08…熱交換器クラス、A09…レシプロ式クラス、A10…スクロール式クラス、A11…ロータリー式、A12…直管、A13…曲がり管、B01…セルクラス、B02…フィンクラス、B03…熱流束クラス、B04…プレートフィンクラス、B05…ルーバーフィンクラス、B06…平滑管、B07…溝付管。

【書類名】 図面

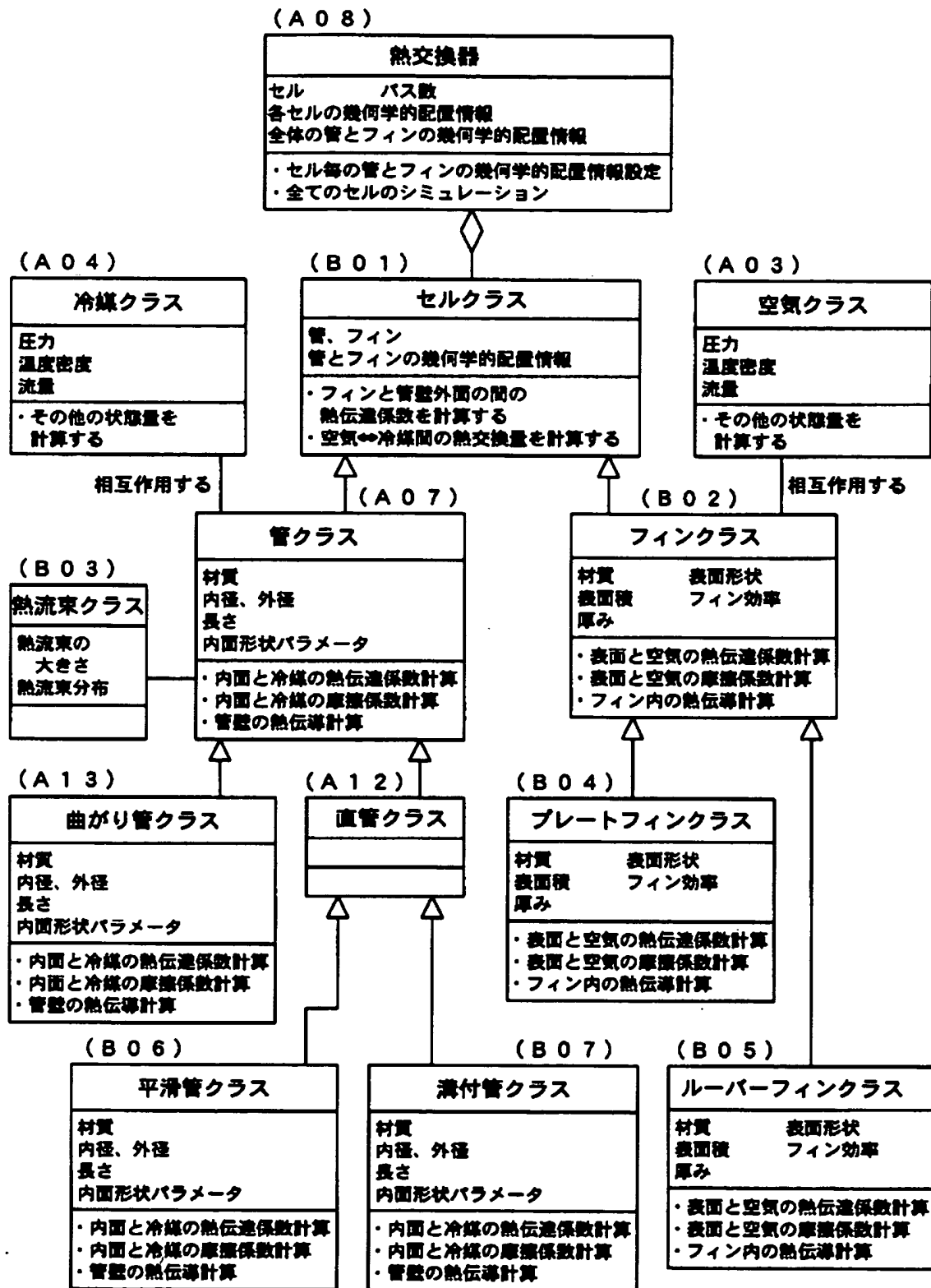
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

新しい部品が追加された場合等の拡張性に富んだ冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置のシミュレーション方法を提供する。

【解決手段】

冷媒と空気の熱交換による冷凍効果を求める装置を構成する各部品で起こる現象を表現するモデルを互いに独立している範囲で分解して、その分解した範囲をそれぞれクラスとして定義し、この分解した範囲内で互いに類似する複数の部品があり、かつ、計算上それらを区別する必要がある場合には、それらの部品に共通する特徴を抽出して抽象クラスを定義し、その抽象クラスの性質を継承したサブクラスを必要な部品の種類だけ抽象クラスの下に設けるようにし、定義した各クラスに対して現象モデルを実装し、これらの各クラスに基づいてオブジェクト指向言語を用いてシミュレーションプログラムを構成する。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 1 0 0 7 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 6 6 1 1 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市高津区末長 1 1 1 6 番地
氏 名	株式会社富士通ゼネラル